

VU Research Portal

Paleomobiliteit van mens en dier

Kootker, L.M.

published in

Archeobrief

2012

document version

Early version, also known as pre-print

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Kootker, L. M. (2012). Paleomobiliteit van mens en dier: Isotopenonderzoek in de Nederlandse archeologie. *Archeobrief*, 2012(2), 29-35.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

Paleomobiliteit van mens en dier

Isotopenonderzoek in de Nederlandse archeologie

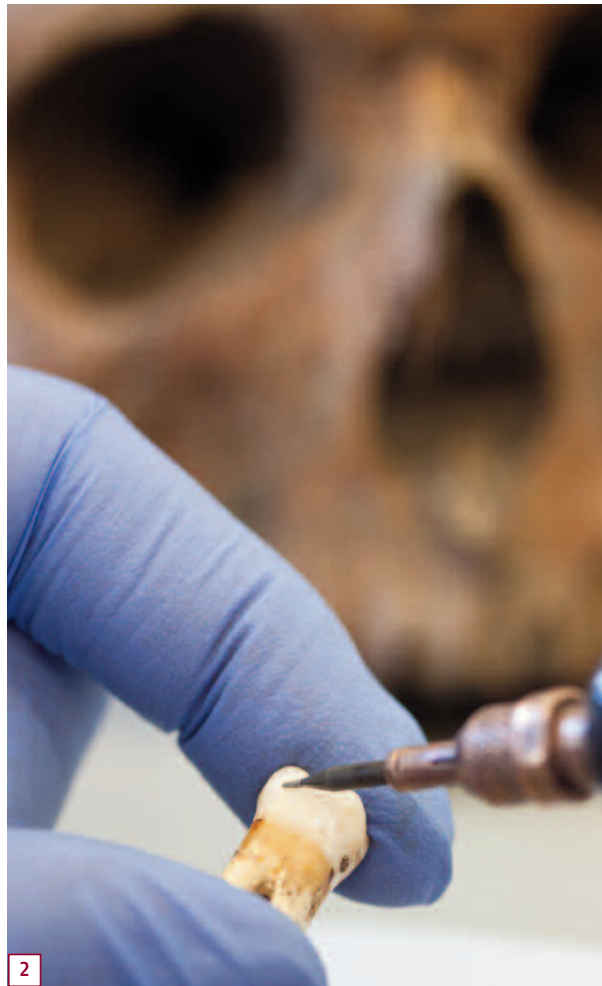


Al meer dan dertig jaar worden methoden en technieken uit de aardwetenschappen en de biologie met veel succes in de archeologie toegepast. Ook in Nederland gebeurt dat de afgelopen jaren op steeds grotere schaal. Naast het succesvolle DNA-onderzoek aan archeologische resten wordt met name het isotopenonderzoek steeds vaker ingezet. Dit type onderzoek is veelbelovend gebleken bij het oplossen van vraagstukken met betrekking tot paleodieet en paleomobiliteit. Vooral de verhouding tussen de strontiumisotopen ^{87}Sr en ^{86}Sr geeft meer inzicht in de herkomst van (pre)historische individuen en de rol die paleomobiliteit in onze geschiedenis heeft gespeeld. Dit artikel gaat in op de werking van deze laatstgenoemde methodiek, die aan de hand van een voorbeeld uit de praktijk zal worden belicht.

Isotopenarcheologie

Vraagstukken met betrekking tot migratie en mobiliteit hebben al decennialang de aandacht van archeologen. Tot nu toe is migratie of paleomobiliteit met name verondersteld op grond van de typologie van culturele artefacten. Deze aanpak leidde tot een actief debat over de vraag in hoeverre de archeologische dataset de daadwerkelijke paleomobiliteit van mensen representeert, of juist de migratie en diffusie van ideeën. Een nieuw perspectief op deze discussie kwam in de jaren tachtig van de vorige eeuw vanuit het vakgebied van de archeo- >

1 De geanalyseerde gebitsfragmenten worden gecatalogiseerd en opgeslagen voor mogelijk toekomstig onderzoek.



logische natuurwetenschappen of archeometrie. Naast DNA-onderzoek worden isotopenratio's, in het bijzonder die van het element strontium (Sr), ingezet om meer inzicht te krijgen in de paleomobiliteit.¹ In de Nederlandse Wetenschapsagenda van de KNAW (2011) staat dat 'deze nieuwe ontwikkelingen in het fysisch-anthropologisch onderzoek kunnen leiden tot een herwaardering van de rol van migratie en mobiliteit in de vorming van identiteiten in het vroege Europa'.² Daartoe dient echter wel funderend onderzoek plaats te vinden naar de toepasbaarheid van deze nieuwe methoden in Nederland. Een grootschalige studie naar de toepasbaarheid van strontium- en zuurstofisotopenonderzoek in de Nederlandse archeologie zet een eerste stap in het definiëren van de rol van mobiliteit binnen Nederlandse archeologische populaties.³

Strontiumisotopen en paleomobiliteit

Het chemische element strontium – ^{84}Sr , ^{86}Sr , ^{88}Sr en het radiogene ^{87}Sr dat wordt gevormd door het radioactieve verval van rubidium 87 – bevindt zich in de geolo-

gische ondergrond. Voor herkomststudies wordt gekeken naar de ratio $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. Deze ratio is een functie van de relatieve voorkomens van rubidium en strontium in een gesteente en de ouderdom van het gesteente. Dus hoe ouder het gesteente, hoe hoger de ratio $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en des te meer ^{87}Rb er oorspronkelijk aanwezig in een gesteente was, des te hoger zal de ratio $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ zijn.⁴ De ratio $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ functioneert derhalve als signatuur voor een gesteente van een bepaalde ouderdom en samenstelling.

Bot en dentine (tandbeen) bestaan uit de organische component collageen en de anorganische component hydroxyapatiet ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$). Tandmail (glazuur) bestaat daarentegen bijna uitsluitend uit hydroxyapatiet. Door de hydrochemische cyclus en het proces van verwering wordt het strontium uit de geologische ondergrond via bodems, natuurlijk bronwater en de voedselketen opgenomen in de kristalstructuur van het hydroxyapatiet in bot, dentine en glazuur van mens en dier, waar het door substitutie op de plek van calcium (Ca) gaat zitten.⁵

Er wordt inzicht verkregen in de geologische herkomst van een individu

Dit proces van substitutie vindt plaats tijdens de vorming van het tandglazuur, tijdens de ontwikkeling van primaire en secundaire dentine en tijdens de ontwikkeling en hermodellering van het bot. Omdat zowel bot als dentine door hun poreuze structuur bijzonder vatbaar zijn voor diagenese, wordt strontiumisotopenonderzoek in de archeologie bijna uitsluitend toegepast op het meer resistente tandglazuur.⁶ Tandglazuur wordt door glazuurvormende cellen (ameloblasten) gevormd tijdens de ontwikkeling van de tanden.⁷ Tijdens de mineralisatie van het tandglazuur wordt het strontium in de matrix vastgelegd. De leeftijd waarop dit gebeurt is afhankelijk van het gebitselement, maar de aanleg van het tandglazuur van het volwassen gebit wordt reeds in de kinderjaren voltooid.⁸ Na mineralisa-

² Monstername ten behoeve van het strontium isotopenonderzoek. Tussen de 1 en 3 milligram is benodigd voor een succesvolle analyse.

³ Op deze kaart van Nederland staan de reeds bemonsterde vindplaatsen weergegeven. Met name in het noorden en in het zuiden van Nederland zijn tot op heden weinig tot geen monsters geanalyseerd.

tie verandert het glazuur niet meer; de ameloblasten degenereren zelfs helemaal op het moment dat de tand doorbreekt, wat inhoudt dat het glazuur zelfs niet meer kan worden vervangen door nieuwe aanmaak.⁹ Zo wordt met strontiumisotopenonderzoek de ratio $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ bepaald van het geologische gebied waar een individu de eerste maanden tot de eerste zestien jaar van zijn of haar leven, afhankelijk van het te analyseren gebitselement, heeft gewoond.

Met het strontiumisotopenonderzoek wordt dus inzicht verkregen in de geologische herkomst van een individu, en niet in de geografische herkomst. Immers, geologisch identieke gesteenten komen op verschillende geografische locaties in Europa voor. Derhalve kan een $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -ratio van bij voorbeeld 0,711245 een gesteente van een bepaalde ouderdom en samenstelling representeren dat zowel in bijvoorbeeld het Verenigd Koninkrijk als in Duitsland voorkomt. Door middel van dit type isotopenonderzoek kunnen immigranten, dan wel paleomobiliteit *an sich* aangetoond worden, maar een specifieke locatie van herkomst kan vaak niet worden gegeven. Om het aantal mogelijke herkomstgebieden te verkleinen, wordt – wanneer specifieke herkomstbepaling het doel is – strontium isotopenonderzoek regelmatig gecombineerd met andere isotopen die ook als proxy (indicator) voor paleomobiliteit kunnen worden gebruikt, zoals zuurstof, stikstof of lood. Natuurlijk moeten resultaten van isotopenanalyse altijd worden geïnterpreteerd binnen het kader van de beschikbare archeologische feiten.

Lokaal of niet lokaal?

Het strontiumsignaal in het tandglazuur is echter zelden afkomstig van alleen de directe geologische eenheid waarin een individu heeft geleefd. De strontiumratio's in een natuurlijke omgeving zijn het resultaat van een mix van zowel de neerslag als de verwerking van gesteenten.¹⁰ Slechts een deel van dat strontium wordt door de flora opgenomen en daar weer een deel van wordt vervolgens door de fauna geconsumeerd. Daarom wordt in archeologische monsters niet het directe geologische strontiumsignaal geanalyseerd, maar het zogeheten biologisch beschikbare strontiumsignaal.

Voor herkomstonderzoek is het van groot belang om niet alleen het strontiumsignaal van het te onderzoeken individu vast te stellen, maar ook het biologische beschikbare strontiumsignaal van het lokale gebied waar het individu is begraven te bepalen. Enkel op deze wijze kunnen verschillen of overeenkomsten tussen beide worden gedefinieerd. Er zijn in de literatuur verschillende methodieken voor het bepalen van het lokale strontiumsignaal te vinden. Een van de makkelijkste



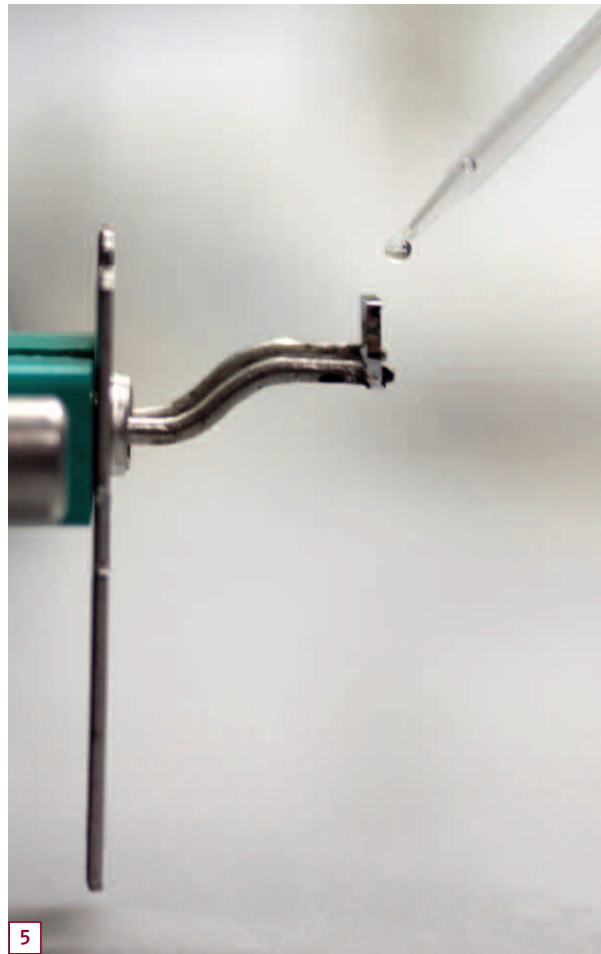
methoden is het analyseren van bodemonsters, maar dit is een niet toereikende methodiek gebleken. Er zit een grote variatie in de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -ratio's van de verschillende mineralen in een gesteente. Niet alleen komen de verschillende mineralen in identieke gesteenten in verschillende proporties voor, ook verwerken zij met verschillende snelheden. Deze combinatie van heterogeniteit binnen eenzelfde type gesteente en de verschillende snelheden waarin de mineralen tot een bodem verwerken, zorgt voor een significante heterogeniteit in de bodem. Tot slot zal ook moderne grondbemesting zijn sporen in de bodem achterlaten. Om deze redenen worden grondmonsters tegenwoordig niet meer als achtergrondmonsters geanalyseerd.¹¹ Een van de meer accurate technieken om het lokale biologisch beschikbare strontiumsignaal te bepalen, is door het analyseren van tanden van archeologische (kleine) zoogdieren, waarvan wordt aangenomen dat zij lokaal hebben geleefd. Muizen en ratten komen bijvoorbeeld in aanmerking, maar ook varkenstanden worden vaak als proxy gebruikt, omdat wordt aangenomen dat deze dieren niet over grote afstanden zijn verhandeld, in tegenstelling tot onder andere schapen, geiten en runderen.¹² Recent strontiumisotopenonderzoek in Oegstgeest en in het Betuwegebied heeft echter aangetoond dat er in Nederland ook met varkens of varkensproducten over grote afstanden werd gehandeld, >

dan wel dat men bij migratie een deel van zijn levende have meevoerde.¹³ Het is daarom van belang dat een grote dataset met achtergronddata wordt aangelegd. Immers, hoe groter de beschikbare dataset, des te nauwkeuriger het lokale biologisch beschikbare strontium-signaal kan worden gedefinieerd.

Toepassing in Nederland

Een grote dataset van Nederlandse archeologische achtergrondmonsters ontbrak tot twee jaar geleden. De afgelopen twee jaar zijn in het kader van het promotie-onderzoek *Isotope geochemistry in Dutch archaeology. The application of combined strontium and oxygen isotopes as a proxy for palaeomobility* meer dan driehonderd analyses uitgevoerd op archeologische gebits-elementen van mensen en dieren.¹⁴ De komende drie jaar zullen daar nog meer dan vijfhonderd analyses aan toegevoegd worden, zodat in navolging van onder andere het Verenigd Koninkrijk, Denemarken en Griekenland, een biologisch beschikbare strontiumkaart van Nederland kan worden gepubliceerd.¹⁵ Deze kaart is essentieel om toekomstige strontiumisotopendata te kunnen interpreteren. Tot die tijd is het analyseren van zowel de menselijke gebits-elementen, als de dierlijke achtergrondmonsters een *must* in de Nederlandse archeologie.

Vooruitlopend op de resultaten in dit onderzoek valt te melden dat er in Nederland grote interregionale verschillen zijn aangetoond in de ratio $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ tussen geogenetisch verschillende gebieden (bijvoorbeeld dekzanden versus kustgebieden). Om significante intraregionale verschillen in de Nederlandse ondergrond aan te tonen, zijn meer analyses nodig. Op basis van de verschillende geochemische karakteristieken van bij-



5

voorbeeld de dekzandgebieden in Nederland, zouden dergelijke interregionale verschillen wellicht kunnen worden aangetoond.¹⁶

In de Nederlandse archeologie is de afgelopen jaren bij verschillende projecten succesvol herkomstonderzoek uitgevoerd. Liesbeth Smits heeft bijvoorbeeld zowel het paleodiet als de paleomobility onderzocht in neolithisch Schipluiden en Swifterbant.¹⁷ Maar ook bij kleinere projecten zoals bijvoorbeeld in Castricum Oosterveld, Oegstgeest Nieuw-Rhijnegeest Zuid – sl. Plaza,

4 Het strontium wordt door middel van kolomextracties uit het hypodroxyapatiet geëxtraheerd. Dit gebeurt in een ISO-gecertificeerd *clean-lab*.

5 Het strontium uit het glazuur wordt door middel van kolomextracties uit het hydroxyapatiet geëxtraheerd. Dit proces duurt ongeveer een dag en vindt plaats in het ISO gecertificeerde *clean-lab* van de Vrije Universiteit.

6 Coen Geerdink aan het werk achter de TIMS (Thermal Ionisation Mass Spectrometer) op de Vrije Universiteit.



4

Valkenburg Marktveld, Vlaardingen Gat in de Markt en Zwolle Twaalf Apostelen heeft strontiumisotopenonderzoek meer inzicht kunnen geven in de vermoedelijke herkomst van de begraven individuen.¹⁸ Het lopende project in Oldenzaal in het kader van de herinrichting van het Plechelmusplein zal het bioarcheologische onderzoek in Nederland een extra impuls geven. Niet alleen zullen minimaal tweehonderd individuen fysisch antropologisch onderzocht worden, ook zal op min of meer dezelfde populatie DNA- en isotopenonderzoek gaan plaatsvinden.¹⁹ Dit onderzoek geeft ons een unieke kans om een archeologische populatie in Nederland niet alleen paleodemografisch te onderzoeken, maar ook meer inzicht te brengen in (onderlinge) verwantschappen en de heterogeniteit van een middeleeuwse bevolkingsgroep.

Casestudy: paleomobility in de ijzertijd

In de *Archeobrief* van december 2011 is een kort overzicht gegeven van de bijzondere inhumatiegraven uit de ijzertijd die Nederland rijk is. De ontdekking van enkele tientallen inhumaties uit de vroege en midden-ijzertijd verspreid over verschillende crematiebegravingplaatsen in de Betuwe en omgeving heeft aangetoond

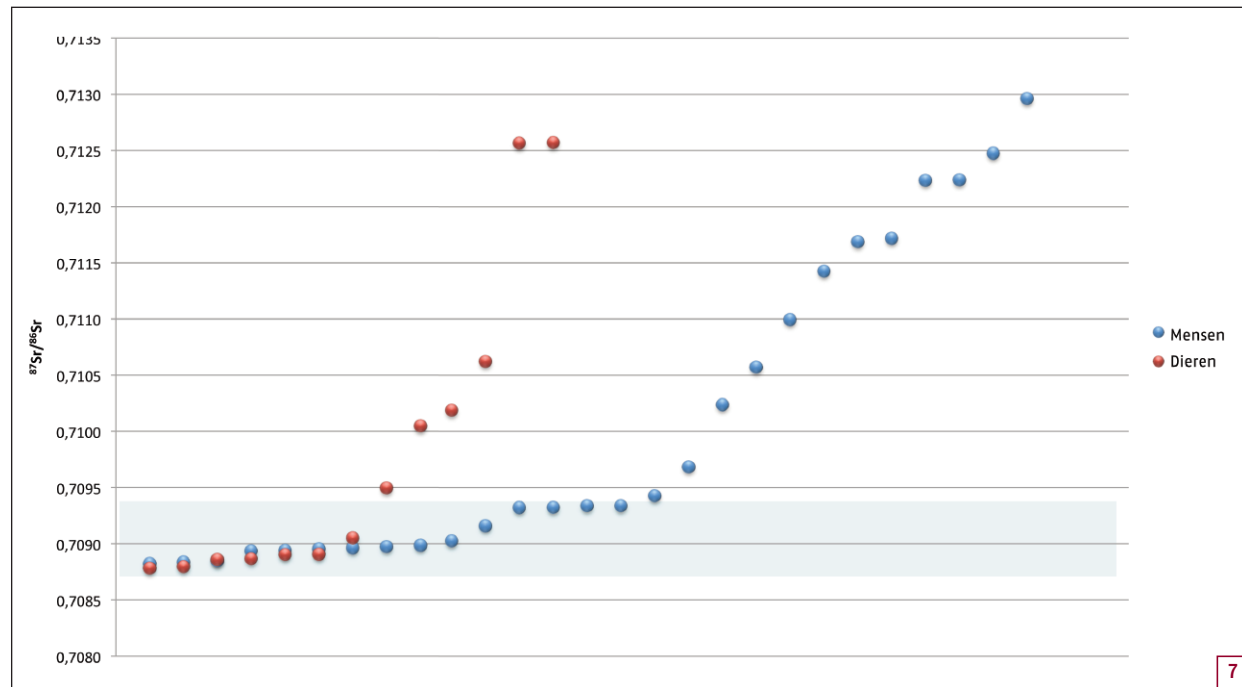
dat in elk geval in dit deel van Nederland begraving in die periode een meer gebruikelijke manier van dodenbijzetting was dan voorheen werd gedacht.²⁰ Veel van de inhumatiegraven zijn volgens de gewoonten van die tijd niet voorzien van randstructuren, doodkisten en grafputten. Enkele graven echter zijn markanter en vertonen kenmerken die doen denken aan bijzettingen-

Het is van belang dat een grote dataset met achtergronddata wordt aangelegd

praktijken die bekend zijn uit andere regio's. Een van de vele vragen die de inhumatiegraven oproepen, is of de begravenen van lokale of niet-lokale komaf zijn. De afstudeerscriptie van Coen Geerdink, student Archaeometry aan de Vrije Universiteit, biedt nader inzicht in de herkomst van deze begraven individuen. Voor deze studie is onder andere strontiumisotopenonderzoek uitgevoerd op de resten van enkele individuen uit het Betuwegebied en omstreken.²¹ In totaal zijn 26 inhumatiegraven uit de ijzertijd uit de Betuwe



6



en het Land van Maas en Waal onderzocht, waaronder het bijzondere graf van ‘Meta’ (Meteren-De Plantage).²² Om het lokale biologisch beschikbare signaal te bepalen zijn daarnaast twaalf zoogdieren onderzocht, die alle dateren uit de ijzertijd. In afbeelding 6 zijn de resultaten weergegeven. Maar liefst twaalf individuen hebben een $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -ratio die niet compatibel is met het gedefinieerde lokale signaal. Op basis daarvan zijn zij dan ook geïdentificeerd als niet-lokaal. Het begraven van alleen lokale of juist niet-lokale mensen blijkt niet beperkt tot specifieke grafvelden: op vier van de vijf grafvelden waar twee of meer inhumaties zijn onderzocht, werden zowel lokale als niet-lokale individuen aangetroffen. Een uitzondering is het grafveld

van Beuningen-Ewijk Keizershoeve 11, waar alle drie de onderzochte individuen van niet-lokale afkomst bleken te zijn.

Twee vrouwelijke individuen uit respectievelijk Lent-Steltsestraat en Lent-Lentseveld,²³ voor wie zowel de manier van bijzetting als de grafgrften sterke gelijkenis vertonen met de contemporaine Duitse Midden-Rijnse begrafenisstraditie, hebben een $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -ratio die overeenkomt met het lokale strontiumsignaal. Op basis van dit resultaat moeten deze specifieke inhumaties waarschijnlijk eerder worden beschouwd als een vorm van acculturatie dan als het gevolg van een vroege vorm van immigratie naar de Betuwe. Ook ‘Meta’, met haar bijzondere sieraden zonder duidelijke regionale of interregionale parallellen, vertoont een strontiumratio die past bij de lokale waarde. Immigratie als verklaring voor de afwijkende grafvondsten lijkt daarom ook in dit geval niet voor de hand te liggen. Enigszins anders is de situatie voor het inhumatiegraf van Geldermalsen-Murman, dat karakteristieke gelijkenissen laat zien met de vroege La Tène-begravingswijze

Blocks: 8	1000	*C 1415	- 050504 ± 7
E/C	5605	L1: 760	- 709610 ± 10
Blocks: 8	5605	L2: 590	- 050507 ± 5
F/C	5606	*C 1495	- 050507 ± 5
Blocks: 9	5606	L1: 750	- 70509 ± 11
G/C	5607	L2: 590	- 050499 ± 5
Blocks: 10	5607	*C 1406	- 050499 ± 5
H/C	5610	L1: 765	- 710796 ± 8
Blocks: 8	5610	L2: 590	- 050497 ± 5
I/C	5611	*C 1408	- 050497 ± 5
J/C	5612	L1: 775	- 710626 ± 10
		L2: 590	- 050494 ± 6
		*C 1470	- 050494 ± 6
		L1: 780	- 710157 ± 9
		L2: 595	- 050500 ± 5
		*C 1470	- 050500 ± 5
		L1: 755	- 700861 ± 5
		L2: 595	- 700861 ± 5

7 Resultaten van het strontiumisotopenonderzoek op 26 inhumatiegraven uit de ijzertijd. Het gearceerde vlak geeft het lokale strontiumsignaal weer.

8 De geanalyseerde gebitselementen worden gecatalogiseerd en opgeslagen voor mogelijk toekomstig onderzoek. De ID-nummers corresponderen met de database, zodat ieder onderzocht element gemakkelijk terug te vinden is.

uit het Marne-Aisne gebied.²⁴ De niet-lokale oorsprong die bij deze dame werd vastgesteld, sluit immigratie vanuit Noord-Frankrijk niet uit.

De eerdergenoemde beperkingen van het uitvoeren van enkel strontiumisotopenonderzoek in ogenschouw nemend, kan worden vermeld dat in de uitgevoerde studie bij de geïdentificeerde niet-lokale mensen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio's zijn vastgesteld die duiden op een herkomst uit meer dan één geologische regio. Opvallend is daarbij bovendien dat de fors afwijkende $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -ratio's van enkele in het onderzoek betrokken zoogdieren, zoals runderen en varkens, sterke aanwijzingen vormen voor bijvoorbeeld interregionale handel in dieren in de ijzertijd. Deze laatste conclusies vormen interessante uitgangspunten voor nader onderzoek.

De resultaten van de casestudy zijn zonder meer verrassend te noemen en bieden een nieuw perspectief op de – voor de Nederlandse ijzertijd – bijzondere bijzettingen en de rol die mobiliteit in die tijd speelde. De casestudy is een voorbeeld hoe het isotopenonderzoek, met een juiste fundering, in de toekomst nog tot nieuwe en wellicht onverwachte ontdekkingen kan leiden en op langere termijn daadwerkelijk zal bijdragen aan de herwaardering van de rol die migratie en mobiliteit in de Nederlandse (pre)historie heeft gespeeld.

Noten

- Isotopen zijn atomen van eenzelfde element met hetzelfde aantal protonen, maar met een verschillend aantal neutronen. Verschillende isotopen van een element hebben dezelfde chemische eigenschappen, maar een verschillend massagetal (bijvoorbeeld ^{13}C en ^{12}C , ^{87}Sr en ^{86}Sr).
- Nederlandse Wetenschapsagenda, 47, www.knaw.nl.
- Kootker (in voorbereiding).
- Zie voor een compleet overzicht Bentley (2006).
- Bentley (2006).
- Diagenese: verandering van de samenstelling die het materiaal ondergaat nadat het begraven komt te liggen. Zie Hoppe e.a. (2003), Budd e.a. (2000).
- Stevens en Lowe (1997).
- Zie Pye (2004) voor een overzicht.
- Hillson (1997); Stevens en Lowe (1997).
- Miller e.a. (1993).
- O.a. Bentley (2006).
- Zie o.a. Bentley e.a. (2004); Price e.a. (2002); Bentley (2006); Gijsbers (1999); Kootker en Rijkelijhuizen (2010).
- Van der Jagt e.a. (in voorbereiding); Geerdink (in voorbereiding).
- Kootker (in voorbereiding).
- Evans e.a. (2010); Frei en Frei (2011); Nafplioti (2011).
- Van der Veer (2006).
- Smits e.a. (2010).
- Kootker en Altena (2010, 2012), Geerdink (2011), Van der Locht en Kars (2008), Kootker en Baetsen (2011).
- Dit bioarcheologische onderzoek wordt uitgevoerd door Skeletloket, een samenwerkingsverband tussen R. Panhuysen (Anthro.nl), Eveline Altena (FLDO/LUMC) en Lisette Kootker (IGBA/VU).
- Van den Broeke en Hessing (2005); Van den Broeke (2012).
- Met dank aan Coen Geerdink voor het beschikbaar stellen van de data en het beschrijven van de resultaten.
- Zie Jezeer (2012).
- Van den Broeke en Hessing (2005); Van den Broeke (2012).
- Hulst (1999).

Literatuur

- Bentley, R.A., T.D. Price en E. Stephan (2004), 'Determining the "local" $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ range for archaeological skeletons: a case study from Neolithic Europe', in: *Journal of Archaeological Science* 31, 365–375.
- Bentley, R.A. (2006), 'Strontium isotopes from the Earth to the archaeological skeleton: A review', in: *Journal of Archaeological Method and Theory* 13, 135–187.
- Broeke, P.W. van den, en W.A.M. Hessing (2005), 'De brandstapel gemeden. Inhumatiegraven uit de IJzertijd', in: L.P. Louwe Kooijmans, P.W. van den Broeke, H. Fokkens en A.L. van Gijn (red.), *Nederland in de Prehistorie*, Amsterdam, 581–595.
- Broeke, P.W. van den (2011), 'Sierlijk begraven in het Betuwse deel van Nijmegen', in: *Archeobrief* 15, nr. 4, 15–17.
- Budd, P., J. Montgomery, B. Barreiro en R.G. Thomas (2000), 'Differential diagenesis of strontium in archaeological human dental tissues', in: *Applied Geochemistry* 15, 687–694.
- Evans, J.A., J. Montgomery, G. Wildman en N. Boulton (2010), 'Spatial variations in biosphere $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ in Britain', in: *Journal of the Geological Society* 167, 1–4.
- Frei, K.M. en R. Frei (2011), 'The geographic distribution of strontium isotopes in Danish surface waters. A base for provenance studies in archaeology, hydrology and agriculture', in: *Applied Geochemistry* 26, 326–340.
- Geerdink, C.H. (2011), *Strontium isotope analysis on inhumations from the Roman cemetery of Valkenburg-Marktveeld. Research Project, Gearchaeology, IGBA, Vrije Universiteit Amsterdam*, Amsterdam.
- Gijsbers, W. (1999), *Kapitale ossen. De internationale handel in slachtvee in Noordwest-Europa (1300–1750)*, Hilversum (N.W. Posthumus Reeks 9).
- Hillson, S. (1996), *Dental Anthropology*, Cambridge.
- Hoppe, K.A., P.L. Koch en T.T. Furutani (2003), 'Assessing the preservation of biogenic strontium in fossil bones and tooth enamel', in: *International Journal of Osteoarchaeology* 13, 20–28.
- Hulst, R.S. (1999), 'Geldermalsen: an Early La Tène Cemetery. Diffusion or Convergence?', in: H. Sarfatij, W.J.H. Verwers en P.J. Woltering (red.), *In Discussion with the Past. Archaeological studies presented to W.A. van Es, Zwolle/Amersfoort*.
- Jagt, I. van der, L.M. Kootker, G.R. Davies en H. Kars (in voorbereiding), 'An insight into early Medieval animal exchange by means of combined archaeological and isotopic investigations'.
- Jezeer, W. (2011), 'Een bijzondere vrouw uit de IJzertijd', in: *Archeobrief* 15, nr. 4, 12–14.
- Kootker, L.M. en M. Rijkelijhuizen (2010), 'Het lang gehoorde rund uit Rotterdam Wijnhaeve', in: P.C. de Boer en A.J. Guiran (red.), *Rotterdam Wijnhaeve. Archeologie en historie aan de Wijnhaven, vindplaats 13–58*, Rotterdam (BOORapporten 349), 125–150.
- Kootker, L.M. en S. Baetsen (2011), 'Bioarcheologisch onderzoek aan het menselijk skelet van het terrein "Twaalf Apostelen" te Zwolle', in: *IGBA Rapport*, nr. 4, 25.
- Kootker, L.M. (in voorbereiding), *Isotope geochemistry in Dutch archaeology. The application of combined strontium and oxygen isotopes as a proxy for palaeomobility* (proefschrift Vrije Universiteit Amsterdam).
- Locht, R. van der, en H. Kars (2008), 'Herkomstbepaling door middel van Strontium en Zuurstof isotopen van 11de eeuwse Vlaardingers', in: *IGBA Rapport*, nr. 10, 41.
- Miller, E.K., J.D. Blum en A.J. Friedland (1993), 'Determination of soil exchangeable-cation loss and weathering rates using Sr isotopes', in: *Nature* 362, 438–441.
- Nafplioti, A. (2011), 'Tracing population mobility in the Aegean using isotope geochemistry: a first map of local biologically available $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ signatures', in: *Journal of Archaeological Science* 38, 1560–1570.
- Price, T.D., J.H. Burton en R.A. Bentley (2002), 'The characterization of biologically available strontium isotope ratios for the study of prehistoric migration', in: *Archaeometry* 44, 117–135.
- Pye, K. (2004), *Isotope and trace element analysis of human teeth and bones for forensic purposes*, Londen (Geological Society, London, Special Publications 232), 215–236.
- Smits, E., A.R. Millard, G. Nowell en D.G. Pearson (2010), 'Isotopic investigation of diet and residential mobility in the Neolithic of the lower Rhine basin', in: *European Journal of Archaeology* 13, 5–31.
- Stevens, A. en J. Lowe (1997), *Human Histology*, Londen.